

Perbaikan Genetik Padi Gogo Beras Merah Sumatera Utara melalui Pemuliaan Mutasi

Genetic Improving of North Sumatra Upland Red Rice through Mutation Breeding

Rahmad Setia Budi^{1*}, Irfan Suliansyah², Yusniwati², Sobrizal³

¹ Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara
Jl. Sisingamangaraja, Medan 20217, Indonesia

² Fakultas Pertanian, Universitas Andalas
Kampus UNAND, Sumatra Barat 25163, Indonesia

³ Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi - Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440, Indonesia

* e-mail: rsbudi69@yahoo.com

ABSTRAK

Padi lokal masih banyak ditemukan dan merupakan aset sumber daya genetik dalam penyediaan varietas unggul yang adaptif, sehingga pengembangannya masih terus diupayakan. Salah satu jenis padi gogo lokal di Sumatera Utara yang banyak ditanam masyarakat adalah padi gogo beras merah, selain memiliki keunggulan baik sebagai makanan pokok maupun fungsi kesehatan bagi tubuh. Varietas lokal biasanya beradaptasi baik pada daerah asalnya dengan rasa nasi dan aroma sesuai selera masyarakat setempat. Namun demikian padi lokal memiliki kekurangan seperti umur dalam, batang tinggi sehingga mudah rebah, tidak responsif terhadap pemupukan dan produksi rendah. Penelitian ini dilaksanakan sejak April 2016 sampai Juni 2017 bertujuan untuk memperbaiki genetik padi beras merah lokal Sumatera Utara (Sigambiri merah) khususnya terkait umur tanaman agar lebih genjah dan postur pendek/semi pendek melalui pemuliaan mutasi (mutasi induksi). Untuk mendapatkan dosis optimum, benih padi diiradiasi dengan sinar gamma Co-60 dosis 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, dan 1000 Gy di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi-Badan Tenaga Nuklir Nasional (PAIR - BATAN), Jakarta. Penanaman M1 dan M2 dilaksanakan di BPTP Sumatera Utara. Dari hasil pengamatan persentase tumbuh bibit, tinggi tanaman dan panjang akar pada fase pembibitan, dan persentase kehampaan gabah pada tanaman M1 diperoleh dosis iradiasi 200 - 300 Gy merupakan dosis yang efektif dalam menghasilkan keragaman genetik. Hal ini juga terlihat pada populasi tanaman M2 hasil iradiasi 200 Gy menghasilkan jumlah mutasi klorofil yang tergolong luas dengan 8 macam tipe mutasi dari 8 tipe, yaitu albina, xantha, viridis, tigrina, spotting leaf, alboviridis, marginata, dan striata. Juga menghasilkan keragaman genetik yang luas pada variabel karakter tinggi tanaman, jumlah anakan produktif dan umur panen. Hasil seleksi yang dilakukan pada populasi M2 diperoleh kandidat mutan genjah sebanyak 69 kandidat dengan frekuensi mutasi sebesar 1,09%. Tanaman genjah dan postur pendek (*dwarf*)/semi-pendek (*semidwarf*) terseleksi tentu akan sangat berguna sebagai bahan tanaman awal dalam perbaikan varietas padi beras merah dalam program pemuliaan tanaman ke depan.

Kata kunci: Biodiversitas, padi gogo beras merah, mutasi induksi, genjah, semi-pendek

ABSTRACT

Local rice is still widely found and is an asset of genetic resources in the supply of adaptive high yielding varieties, so its development is still being pursued. One kind of upland rice in North Sumatra that is widely planted by the community is the upland red rice, in addition to having advantages both as a staple food and health functions for the body. They usually adapted well to a specific environment where they grow largely, having good aroma and eating quality, but they have some weakness such very long growth duration, susceptible to lodging, unresponsive to fertilizer, and low yield. This research was conducted from April 2016 until June 2017 aimed to improve the genetic of local red rice of North Sumatra (Sigambiri merah) especially related to plant age to be more early and dwarf/semi dwarf posture through mutation breeding (induced mutations). To obtain the optimum dosage, rice seeds were irradiated with gamma rays Co-60 doses of 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, and 1000 Gy at the Center for Isotope and Radiation Application-National Nuclear Energy Agency (CIRA - BATAN), Jakarta. Planting of M1 and M2 was conducted at BPTP of North Sumatra. The observation of seedlings growth percentage, plant height and root length in the nursery phase, and percentage of grain void in M1 plants obtained irradiation doses of 200-300 Gy is an effective dose in produce genetic diversity. This is also seen in the population of M2 plants resulting from irradiation of 200 Gy resulted in an extensive number of chlorophyll

mutations with 8 different types of mutations of 8 types, namely albina, xhanta, viridis, tigrina, spotting leaf, albiviridis, marginata, and striata. It also produces a wide genetic diversity in high plant character variables, number of productive tillers and harvest age. From the result of selection conducted on M2 population obtained mutant early maturity candidates as many as 69 candidates with mutation frequency of 1.09%. The seedling plants and dwarf /semi dwarf posture will certainly be very useful as initial plant material in red rice varieties improvement in future plant breeding programs.

Keywords: Biodiversity, upland red rice, induced mutations, early maturity, semi-dwarfs

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan sumber makanan pokok sebagian besar penduduk dunia, tulang punggung pembangunan subsektor tanaman pangan dan berperan penting terhadap pencapaian ketahanan pangan. Produksi padi meningkat dari 52 juta ton tahun 2000 menjadi sekitar 75 juta ton tahun 2015, namun terjadi penurunan luas panen.

Penurunan luas panen menunjukkan bahwa peningkatan produksi padi sudah semakin sulit diusahakan khususnya di Jawa, Sumatera, dan Nusa Tenggara [1], [2], [3]. Selain itu, penurunan produksi beras di Indonesia juga disebabkan oleh terjadinya pelandaian peningkatan potensi hasil padi yang ada. Hal ini disebabkan oleh semakin sempitnya keragaman genetik padi yang ada sebagai akibat dari kultivar-kultivar padi yang sudah dilepas sebagai varietas unggul banyak yang saling berkerabat, akibatnya, keragaman padi pun berkurang dan potensi hasilnya pun tidak berbeda. Jenis-jenis lokal yang amat beragam yang memiliki potensi genetik akan terdesak bahkan dapat lenyap dan tidak termanfaatkan akibat intensifnya penggunaan kultivar unggul modern [4].

Budidaya padi di daerah dataran tinggi di seluruh dunia mencapai sekitar 15 juta hektar dan menyumbang sekitar 4% dari total produksi beras di dunia [5]. Di Indonesia, produksi padi gogo mencakup sekitar 1,15 juta hektar dan menyumbang sekitar 5% dari produksi padi nasional. Produktivitas nasional padi gogo di negara ini masih rendah yaitu 3,35 ton/ ha [6]. Padi lokal secara alami memiliki ketahanan terhadap hama dan penyakit, toleran terhadap cekaman abiotik, dan memiliki kualitas beras yang baik sehingga disenangi oleh masyarakat di lokasi tumbuh dan berkembangnya. Kultivar lokal dipandang sebagai aset yang sangat berharga dan perlu dikelola dengan baik. Menurut Hayward dkk. [7] dan Sitaresmini [8], plasma nutfah padi lokal memiliki keunggulan

genetik tertentu, sehingga sifat-sifat unggulnya perlu dilestarikan sebagai aset SDG nasional dan dimanfaatkan dalam program pemuliaan [7]. Hanya saja ada beberapa karakter yang perlu diperbaiki, salah satunya umur tanaman yang tergolong dalam, postur tinggi, serta tingkat produksi yang masih rendah. Untuk keberlanjutan produksi padi di daerah serta mendukung peningkatan produksi beras nasional varietas diperlukan yang adaptif dengan kondisi lingkungan di daerah itu [9].

Oleh karena itu diperlukan upaya pemuliaan untuk menggenjalkan umur tanaman agar diperoleh intensitas produksi yang lebih tinggi. Pada dasarnya pemuliaan tanaman adalah memilih genotipe tanaman sesuai dengan tujuan pemulia. Memilih atau seleksi tanaman akan lebih leluasa apabila pada populasi terdapat keragaman genetik yang luas. Untuk memperluas keragaman genetik dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya melalui mutasi induksi, yaitu cara yang efektif untuk memperkaya keragaman genetik dalam rangka mengembangkan varietas baru, dengan cara merubah genetik tanaman menggunakan mutagen. Tujuannya untuk memperoleh sifat baru yang lebih unggul dari varietas induknya. Pemuliaan mutasi dipandang lebih baik untuk perbaikan beberapa sifat saja dengan tidak merubah sebagian besar sifat tanaman aslinya yang sudah disukai dan relatif memerlukan waktu lebih singkat dalam proses pemurnian galur [10], [11].

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di *green house* dan kebun percobaan BPTP Sumatera Utara sejak April 2016 sampai Juni 2017. Bahan tanaman yang digunakan adalah padi gogo Sigambiri merah yang merupakan salah satu kultivar padi lokal Sumatera Utara. Benih diiradiasi dengan sinar γ dosis 0 Gy (tanaman induk = kontrol), 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, dan 1000 Gy sebanyak 250 g setiap dosisnya. Iradiasi benih

dilakukan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (PAIR-BATAN), Pasar Jumat, Jakarta dengan menggunakan sumber radiasi sinar gamma dari Iradiator Gamma Cell Co-60.

Orientasi dosis

Benih padi yang diiradiasi setiap dosisnya, sebanyak 100 benih disemai di *seedbed* dan diamati selama tiga minggu untuk melihat pola pertumbuhannya, yaitu persentase benih yang hidup, tinggi bibit dan panjang perakaran, serta Nilai *Lethal Dose* 50 (LD_{50}). Data dianalisis lanjut dengan menggunakan DMRT. Kegiatan orientasi dosis iradiasi dilanjutkan dengan mengamati tingkat sterilitas gabah yaitu persentase bulir hampa per malai pada tanaman M1 di lapangan. Penanaman M1 masing-masing dosis iradiasi, yaitu: 0, 100, 200, 300, 400, dan 500 Gy dilakukan dengan jarak tanam $25 \times 25 \text{ cm}^2$ dengan 1 benih per lobang tanam. Setiap benih hasil iradiasi ditanam sebanyak 300 bibit/petak berukuran $4 \times 5 \text{ m}^2$ di lahan sawah. Pemanenan dilakukan dengan mengambil 3 malai utama dari setiap rumpunnya untuk dijadikan benih galur M2. Penelitian menggunakan RAK non faktorial dengan 3 ulangan.

Analisis keragaman genetik pada M2

Benih dari dosis 200 Gy (M1) ditanam untuk mendapatkan tanaman M2. Masing-masing benih hasil M1 ditanam di sawah sebanyak 60 tanaman dengan 1 batang per lobang tanam, dimana setiap penanaman 10 tanaman hasil M1 ditanam 1 tanaman kontrol (tetua) sebagai pembanding. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah anakan dan anakan produktif (jumlah malai) serta umur berbunga.

Analisis terhadap peubah genetik pada populasi M2 dilakukan dengan menghitung nilai tengah populasi (μ), standar deviasi, nilai ragam fenotipe (σ^2_p), nilai ragam lingkungan (σ^2_e), nilai ragam genetik (σ^2_g), nilai heritabilitas (h_{bs}), dan nilai variabilitas pada setiap galurnya. Keragaman genetik dianggap luas bila nilai $\sigma^2_g > 2(\sigma^2_e)$ dan dikatakan sempit bila nilai $\sigma^2_g < 2(\sigma^2_e)$ [12], [13], [14].

Seleksi

Seleksi mutan target pada populasi M2 adalah mendapatkan mutan-mutan yang memiliki umur yang lebih genjah dibandingkan dengan

tetua berdasarkan berbunga. Umur berbunga tanaman dikelompokkan dengan interval 10 hari. Setiap satu kelompok tanaman ditandai dengan ikatan yang berwarna sama pada pangkal malai pertama muncul saat seleksi. Untuk membedakan kelompok satu dengan yang lainnya diberi tanda warna ikatan yang berbeda. Data mutan yang terseleksi kemudian ditabulasi dan dapat ditentukan nilai frekuensi mutan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Frekuensi Mutan} = \frac{\text{Jumlah Mutan}}{\text{Jlh.Tan dari seluruh malai yg dikecambahkan}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Orientasi dosis

Hasil iradiasi sinar gamma pada dosis 0 hingga 1000 Gy mempengaruhi persentase perkecambahan dan pertumbuhan bibit. Respon perlakuan iradiasi sinar gamma pada berbagai dosis terhadap perkecambahan dan pertumbuhan bibit pada M1 umur 21 HSS dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1. Respon pertumbuhan dan perkecambahan benih sangat beragam. Dosis 0 Gy menunjukkan respon yang berbeda terhadap persentase perkecambahan benih yang diiradiasi. Semakin meningkatnya dosis iradiasi memberikan respon yang sangat nyata terhadap reduksi persentase perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit. Bahkan dosis iradiasi > 500 Gy hanya menghasilkan persentase tumbuh di bawah 50%, sedangkan dosis 800, 900, dan 1000 Gy benih mati (Gambar 2).

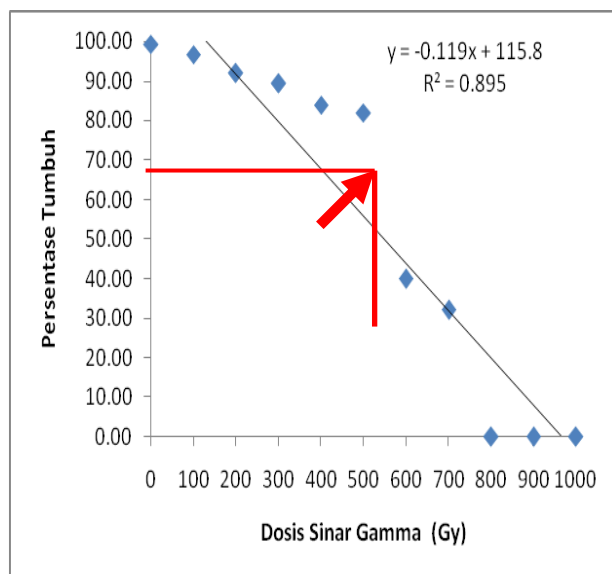
Kematian tanaman setelah iradiasi dapat terjadi karena adanya efek deterministik akibat iradiasi sinar gamma. Efek deterministik adalah efek yang disebabkan karena kematian sel akibat paparan radiasi (mutasi fisik) [14]. Efek deterministik muncul bila dosis yang diterima tanaman di atas dosis ambang (*threshold dose*) dan umumnya timbul beberapa saat setelah iradiasi [11]. Tingkat keparahan efek deterministik akan meningkat bila dosis yang diterima lebih besar dari dosis ambang. Tinggi-rendahnya dosis ambang sangat berkaitan dengan radiosensitivitas genotipe tanaman.

Tabel 1. Respon perkecambahan dan pertumbuhan bibit padi gogo beras merah pada berbagai dosis iradiasi sinar gamma pada tahap M1 umur 21 HSS

Dosis iradiasi (Gy)	Persentase tumbuh (%)	Tinggi bibit (cm)	Panjang akar (cm)
0	99,33 a	35,1 a	12,67 a

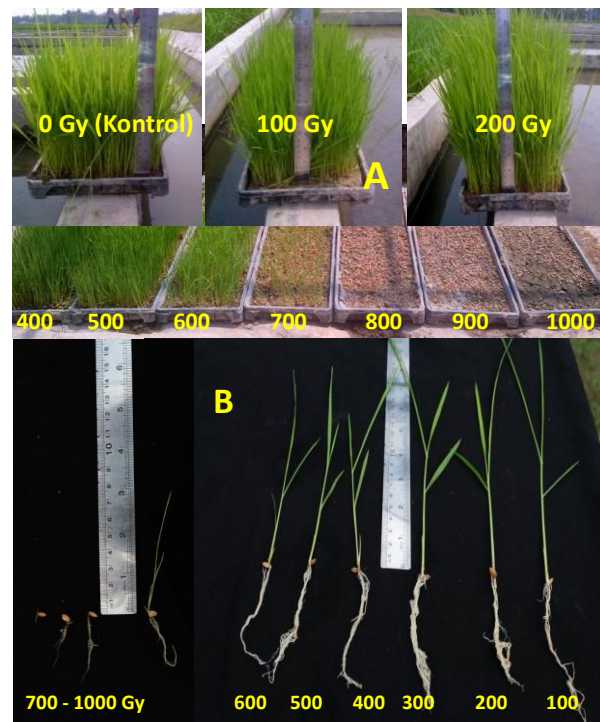
100	96,67 ab	32,9 b	12,00 a
200	92,00 ab	32,6 b	10,67 b
300	89,33 ab	32,3 b	9,63 b
400	84,00 ab	27,2 c	7,33 c
500	82,00 b	26,4 c	6,67 c
600	40,00 c	12,9 d	5,33 d
700	32,00 c	6,4 e	3,57 e
800	0,00 d	0,0 f	0 f
900	0,00 d	0,0 f	0 f
1000	0,00 d	0,0 f	0 f
KK (%)	4.56	11.08	7.02

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda nyata pada taraf 0.05% menurut DMRT



Gambar 1. Kurva respon perlakuan iradiasi sinar gamma pada berbagai dosis terhadap perkecambahan dan pertumbuhan bibit padi gogo beras merah pada tahap M1 pada umur 21 HSS (tanda panah menunjukkan nilai LD₅₀)

Radiosensitivitas merupakan tingkat sensitivitas tanaman terhadap radiasi [15] dan [16], tingkat radiosensitivitas antar genotipe dan kondisi tanaman saat diiradiasi sangat bervariasi. Sensitivitas terhadap radiasi dapat diukur berdasarkan nilai LD₅₀ yaitu dosis yang menyebabkan kematian 50% dari populasi tanaman yang diiradiasi. Nilai LD₅₀ pada penelitian ini termasuk tinggi (kisaran 550 Gy). Hal ini mungkin disebabkan oleh kadar air yang terdapat pada benih sebelum diiradiasi. Kadar air benih pada tahap penyimpanan sebelum diiradiasi sebesar 12-14%.



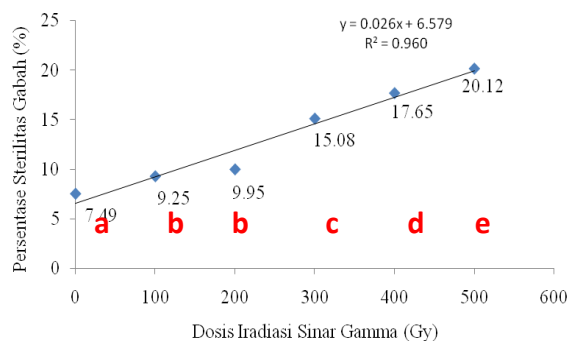
Gambar 2. Visualisasi respon perkecambahan dan pertumbuhan bibit pada tahap M1 terhadap perlakuan iradiasi sinar gamma pada berbagai dosis iradiasi (A) Tinggi bibit pada iradiasi (0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, dan 1000 Gy, dan (B) Tinggi bibit dan panjang akar umur 14 HSS

Tinggi rendahnya nilai LD₅₀ tersebut sangat dipengaruhi oleh kandungan air dan oksigen pada benih [15], [17], [18], [19]. Kadar oksigen dan molekul air (H₂O) dalam materi yang diiradiasi, akan mempengaruhi proses ionisasi radikal bebas yang terbentuk sehingga mempengaruhi radiosensitivitas sel tanaman. Semakin tinggi kadar oksigen dan H₂O berada dalam materi yang diiradiasi, maka semakin banyak pula radikal bebas yang terbentuk sehingga materi menjadi semakin sensitif. Pada tinggi bibit dan panjang akar juga terlihat bahwa semakin tinggi dosis iradiasi juga mempengaruhi respon pertumbuhannya. Respon pertumbuhan tinggi bibit dan panjang akar semakin menurun akibat semakin besarnya dosis iradiasi. Hal ini sejalan dengan pendapat Ismachin [11], Konzak dkk. [20], dan Conger dkk. [21], yang menjelaskan bahwa perlakuan mutagen tertentu pada *serealia* memiliki korelasi dengan tinggi kecambah dan daya kecambah M1.

Salah satu kerusakan fisik yang juga dapat dilihat adalah indikator persentase kehampaan

(sterilitas) gabah/biji (sterilitas bulir gabah per malai). Ketika M1 ditanam di lapangan terlihat pola pertumbuhan tanaman normal dan tidak ditemukan perbedaan yang mencolok antara dosis iradiasi yang satu dengan yang lainnya. Demikian iradiasi berpengaruh terhadap kehampaan biji pada malai. Persentase kehampaan biji akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan dosis iradiasi. Satu hal yang sangat diharapkan dalam mutasi induksi adalah kerusakan fisiologis yang sekecil-kecilnya dan frekuensi mutasi yang sebesar-besarnya. Hal tersebut merupakan faktor yang sangat bermanfaat dalam menghasilkan variabilitas genetik.

Dosis iradiasi berpengaruh terhadap persentase kehampaan gabah per malai (sterilitas). Perlakuan dosis iradiasi di atas 300 Gy menyebabkan persentase kehampaan meningkat secara signifikan ($> 15\%$). Kurva respon persentase kehampaan benih per malai pada M1 dapat dilihat pada Gambar 3. Seperti halnya pengaruh radiosensitivitas tanaman terhadap dosis iradiasi, tingginya persentase kehampaan biji per malai juga merupakan indikator terhadap kerusakan fisik akibat efek deterministik dari perlakuan iradiasi.



Gambar 3. Kurva respon persentase sterilitas gabah padi gogo beras merah terhadap perlakuan iradiasi sinar gamma pada dosis (0 – 500 Gy pada tanaman M1

Keterangan: Angka-angka yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda nyata pada taraf 0.05% menurut DMRT

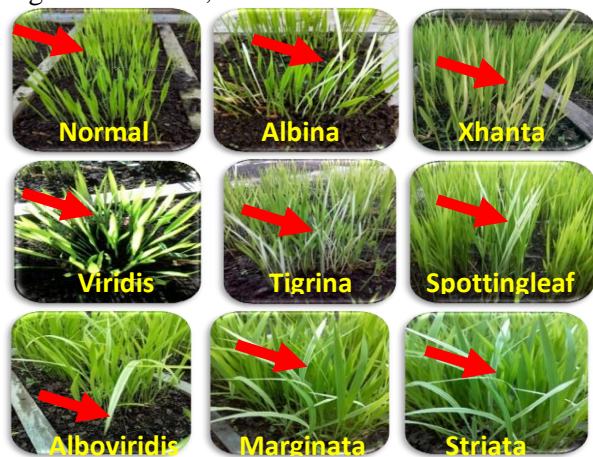
Menurut Gaul [22] dosis radiasi yang tinggi akan meningkatkan sterilitas pada tanaman M1. Satu hal yang sangat diharapkan dalam mutasi induksi adalah kerusakan fisiologis yang sekecil-kecilnya dan perubahan genetik yang sebesar-besarnya. Hal tersebut merupakan faktor yang sangat berharga dalam menghasilkan variabilitas

genetik yang tinggi. Untuk tujuan induksi keragaman genetik, sangat diinginkan induksi mutasi yang menyebabkan paling sedikit aberasi kromosom, kerusakan fisik dan sterilitas, dan pada saat yang sama dapat dikontrol untuk memproduksi mutasi yang diinginkan [16]. Orientasi terhadap radiosensitivitas biasanya mengarah pada pemahaman terhadap mekanisme aksi dari ionisasi radiasi. Kajian ini sangat bermanfaat dalam menyediakan informasi khususnya dalam menginduksi keragaman genetik. Tingkat keragaman tertinggi umumnya diperoleh pada selang dosis iradiasi LD₂₀ dan LD₃₀. [15], [16], [18] dan kisaran dosis efektif radiasi sinar gamma berkisar antara 150–300 Gy [23], [24], [25]. Laporan lainnya juga menunjukkan bahwa kisaran dosis 200–300 merupakan dosis iradiasi yang cukup efektif dalam menghasilkan keragaman genetik pada tanaman padi seperti pada varietas Zhong-Hua-11 yang diiradiasi dengan sinar gamma dengan dosis 300-350 Gy [26], dosis 200 Gy pada varietas Hitomebore [27], dan dosis 200 Gy pada varietas kuriak kusuik dan Randah Putih [28], sedangkan mutan genjah dan *semi-dwarf* pada padi Ase Lapang dan Mandoti [24].

Keragaman genetik pada M2

Berdasarkan hasil orientasi dosis ditetapkan dosis optimum adalah sekitar 200 - 300 Gy, oleh karena itu pada analisis keragaman genetik dosis iradiasi yang digunakan adalah 200 Gy. Keragaman genetik populasi M2 hasil iradiasi dosis 200 Gy diamati dengan menghitung selisih keragaman fenotip pada M2 dengan keragaman karena faktor lingkungan yang diduga dari ragam varietas padi beras merah tanpa iradiasi. Pada tahap M2 ini bentuk-bentuk perubahan morfologi (bentuk) mulai muncul sebagai indikator terhadap keragaman genetik yang disebabkan oleh perlakuan mutasi induksi. Kelainan-kelainan morfologi tersebut telah muncul pada tahap pertumbuhan semai benih M2 seperti pada mutasi warna pada bibit M2 (mutasi klorofil). Perlakuan iradiasi sinar gamma dengan dosis 200 Gy dapat menimbulkan mutasi klorofil yang muncul pada persemaian M2 menghasilkan jumlah mutasi klorofil yang tergolong luas dengan 8 macam tipe mutasi dari 8 tipe [29], yaitu albina, xhanta, viridis, tigrina, spotting leaf, albiviridis, marginata, dan striata (Gambar 4). Dari kedelapan tipe mutan klorofil tersebut, tipe mutasi klorofil ke arah albino lebih mendominasi (paling tinggi) bila

dibanding dengan tipe mutan klorofil yang lainnya, dengan frekuensi mutan albino sebesar 0,557 %, kemudian diikuti dengan mutan Xantha (0,144 %), dan yang paling sedikit adalah tipe Tigrina sebesar 0,009 %.



Gambar 4. Jenis mutasi klorofil yang muncul pada benih tanaman M2 umur 14 HSS

Keterangan:

Gustafsson (1938), yang umum digunakan:

Albina (Alb) : Tidak ada terbentuk klorofil / karotenoid

Xhanta (Xhan) : Helaian daun berwarna kekuning-kuningan

Viridis (Vir) : Helaian daun berwarna hijau, namun pada bagian ujung daun berwarna putih

Tigrina (Tig) : Helaian daun belang hijau putih seperti belang zebra

Spottingleaf (Spl) : Helaian daun berwarna hijau, namun terdapat bintik-bintik berwarna coklat

Alboviridis (Albo) : Bagian bawah bibit berwarna agak kehijauan, bagian atas putih kehijauan

Marginata (Marg) : Daun berwarna putih, namun tulang daun berwarna hijau

Striata (Stri) : Daun berwarna putih, namun disisi kiri dan kanan tulang daun terdapat garis hijau.

Dari keseluruhan mutan klorofil yang muncul pada tahap M2, diperoleh nilai frekuensi mutasi klorofil sebesar 0,15% dan frekuensi mutan sebesar 1,09%. Hal ini lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya sebesar 7,7% pada varietas Hitomebore [27] dan sebesar 11,2% dan 6,4% pada kultivar Kuriak Kusuik dan Randah Putih Tinggi [28]. Mutasi klorofil yang terjadi pada populasi M₂ yang berasal dari iradiasi sinar gamma dengan dosis 200 Gy merupakan pengaruh mutagenik sinar gamma yang mengindikasikan bahwa iradiasi

dengan dosis tersebut telah menciptakan keragaman genetik. Dosis 200 Gy tersebut merupakan dosis iradiasi yang menghasilkan frekuensi mutasi yang tertinggi dan efektif dalam menghasilkan keragaman genetik [27], [28], [30]. Mutasi klorofil merupakan indikasi terjadinya kerusakan genetik, yang ditandai dengan tidak terbentuknya klorofil pada daun [15], sedangkan mutasi klorofil digunakan dalam evaluasi efisiensi mutagen dalam mendorong variabilitas genetik untuk perbaikan tanaman dan juga digunakan sebagai penanda genetik terbentuknya keragaman genetik.

Rangkuman data parameter genetik yang diamati melalui karakter tinggi tanaman, umur tanaman, jumlah anakan dan jumlah malai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rataan umur genjah dan postur semi pendek tanaman induk dan galur tiap petak percobaan dan 18 galur terpilih (terseleksi) pada tanaman M2

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah anakan dan (Jumlah malai)	Umur Berbunga (hari)
G0(induk)	159,82	11.99 (11.44)	87,53
G1-1400	116,68	14.,17 (13,70)	62,98
G-16	92,4	15,3 (14,3)	62,3
G-25	84,1	16,2 (14,0)	60,3
G-67	89,2	14,2 (14,0)	60
G-103	89,9	15,8 (14,0)	62,6
G-127	90,7	15,4 (14,0)	63,4
G-150	90,9	16,0 (13,4)	63,3
G-172	85,9	14,0 (14,3)	60
G-181	100,1	14,3 (13,2)	62,3
G-187	90,7	14,8 (14,0)	64,9
G-216	98,8	14,3 (13,4)	60,3
G-317	91,8	14,0 (13,5)	61,6
G-462	89,9	14,8 (14,8)	63,1
G-545	95,4	13,9 (13,2)	60,3
G-636	100,4	14,3 (14,2)	63
G-749	96,4	14,0 (14,0)	62,5
G-810	97,0	14,8 (14,5)	62
G-1251	93,8	13,2 (13,1)	60
G-1360	98,4	13,7 (13,2)	67,1

Rangkuman hasil pengamatan parameter genetik pada karakter tinggi, umur panen, panjang malai dan jumlah anakan produktif dari galur M2 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter genetik pada beberapa populasi galur M2

Karakter	Rata-rata	$\sigma^2 P$	$\sigma^2 e$	$\sigma^2 G$	h^2	Kategori	SD	var
Tinggi tanaman (cm)	84,56 [*] ±4.54	21,27	9,00	12,27	0,52	Tinggi	9.09	Luas
Panjan malai (cm)	28,47 ^{ns} ±1.69	2,90	1,46	1,44	0,46	Sedang	3.37	Sempit
Jumlah anakan	13,90 ^{ns} ±2.37	5,71	2,13	3,58	0,60	Tinggi	4.74	Sempit
Umur berbunga (hari)	65,07 ^{ns} ±2.78	10,45	1,47	9,41	0,96	Tinggi	5.55	Luas

Keterangan: *) berbeda nyata pada taraf 0,05 menurut uji T;
T_n) tidak berbeda nyata;
 σ^2P = ragam fenotipe;
 σ^2G = ragam genotipe;
 h^2 = heritabilitas;
Sd = Standar Deviasi

Pada Tabel 3 di atas diketahui bahwa nilai heritabilitas yang diamati pada variabel tinggi tanaman, jumlah anakan produktif dan umur berbunga umumnya memiliki kategori tinggi. Hanya panjang malai yang memiliki nilai heritabilitas sedang, namun dapat dikategorikan mendekati tinggi. Tingginya nilai heritabilitas tersebut menunjukkan bahwa karakter tersebut lebih dominan dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman dibanding oleh faktor lingkungan. Hal ini berarti faktor genetik memberikan kontribusi penting dalam proses berikutnya. Nilai heritabilitas menunjukkan bagaimana proporsi suatu gen dapat diturunkan pada generasi berikutnya berdasarkan observasi sifat fenotipe yang diamati [32], [33], serta merupakan parameter genetik menentukan sistem seleksi yang efektif [34], [33].

Kegiatan seleksi akan efektif dilakukan jika memenuhi dua persyaratan, yaitu adanya keragaman fenotipe yang cukup besar dalam populasi asal dan nilai heritabilitas yang cukup tinggi [35], [36], [37]. Nilai heritabilitas yang tinggi berarti faktor genetik memberikan kontribusi penting dalam proses berikutnya [32].

Pada parameter keragaman genetik (variabilitas) diketahui bahwa variabel karakter tinggi tanaman dan umur berbunga memiliki tingkat keragaman genetik yang luas, sedangkan untuk variabel karakter panjang malai dan jumlah anakan produktif memiliki tingkat keragaman genetik yang sempit. Hal ini berarti, perlakuan mutasi induksi yang dilakukan dalam program perbaikan genetik padi lokal Sumatera Utara dapat mendukung dihasilkannya keragaman genetik yang tinggi pada karakter umur dan tinggi tanaman, namun tidak mendukung dihasilkannya keragaman yang tinggi pada karakter panjang malai dan jumlah anakan produktif. Luasnya keragaman genetik menunjukkan peluang yang besar dalam perbaikan genetik tanaman melalui seleksi [38], [39].

Pada Tabel 2 terlihat bahwa secara umum nilai keseluruhan karakter termasuk kategori tinggi. Hanya pada karakter jumlah malai, tergolong sedang, namun dapat digolongkan

hampir mendekati tinggi. Ini menunjukkan bahwa faktor genetik memberikan kontribusi penting dalam proses berikutnya. Nilai heritabilitas menunjukkan bagaimana proporsi suatu gen dapat diturunkan pada generasi berikutnya berdasarkan observasi sifat fenotipe yang diamati [21], [40], [22], serta merupakan parameter genetik menentukan sistem seleksi efektif [27], [22]. Di samping itu, nilai variabilitas pada karakter tinggi tanaman, jumlah anakan dan umur tanaman tergolong luas sedangkan untuk karakter jumlah malai tergolong sempit. Hal ini berarti bahwa mutasi induksi yang dilakukan lebih efektif dalam menghasilkan keragaman genetik yang tinggi pada karakter tinggi tanaman, jumlah anakan produktif dan umur tanaman. Namun untuk jumlah malai tidak memiliki pengaruh yang besar dalam menghasilkan keragaman genetik. Luasnya variabilitas genetik pada karakter tinggi tanaman, jumlah anakan produktif dan umur panen tersebut merupakan dasar untuk melakukan seleksi terhadap karakter mutan target yang diinginkan [27], seperti mutan genjah dan semi pendek.

Seleksi umur genjah

Seleksi mutan *dwarf* dan *semi-dwarf*, umur genjah dilakukan pada populasi M2 hasil iradiasi 200 Gy, dapat dilihat pada Tabel 4. Bila dihubungkan dengan parameter genetik, selain karakter umur tanaman berbunga, tinggi tanaman juga memiliki nilai keragaman genetik yang luas.

Tabel 4. Hasil seleksi mutan *dwarf* dan *semi dwarf* yang muncul pada populasi M2 hasil mutasi induksi dengan sinar gamma 200 Gy

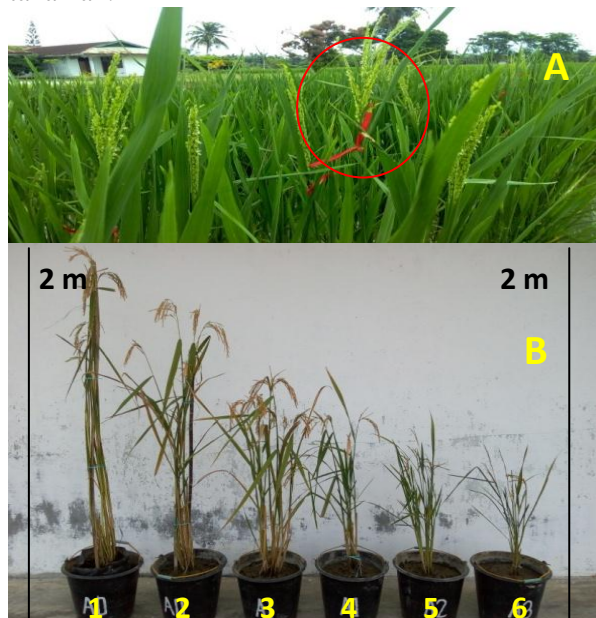
Galur	Postur Tanaman		Jumlah Mutan	Jumlah Populasi M2	Frek. Mutan Dwarf (%)
	<i>Dwarf</i>	<i>Semi-Dwarf</i>			
Mutan 2	18	271	289	75000	0,38
Frek. Mutan (%)	0,02	0,36			

Visualisasi mutan genjah serta mutan genjah-semi pendek dapat dilihat pada (Gambar 5. (A) dan (B). Umur berbunga 60-70 HST (genjah) yaitu sebanyak 69 tanaman dan kandidat mutan agak genjah (umur berbunga 71- 80 HST) yaitu

sebanyak 220 tanaman, dengan frekuensi mutan sebesar 0,38 %. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa frekuensi mutan ke arah *dwarf semi-dwarf* mencapai 0,062%, dan dalam jumlah 0,30% dalam kultivar Madhu Maltiat dosis radiasi 250-350 Gy [42], dan 0,26% pada strain KI 237 pada dosis iradiasi 200 Gy [28].

Demikian umur berbunga (keluar malai pertama tanaman kontrol pada umur >81 hari, berbunga 50% setelah 90 hari. Umur panen dapat ditandai dengan cepatnya umur tanaman mutan berbunga. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu, bahwa antara umur berbunga dan umur panen tanaman padi terdapat korelasi positif yang sangat nyata, dimana semakin dalam umur berbunga semakin dalam pula umur panen, sehingga umur berbunga dapat digunakan sebagai penciri umur panen [28].

Cepatnya tanaman berbunga akibat terjadinya perubahan genetik sebagai akibat dari mutasi induksi yang dilakukan. Perlakuan dosis iradiasi 200 Gy merupakan dosis yang efektif untuk menghasilkan mutan-mutan yang diinginkan [43]. Hal ini didukung oleh hasil analisis keragaman pada populasi M2 hasil mutasi induksi dengan dosis 200 Gy, dimana dihasilkan keragaman genetik yang luas untuk karakter tinggi tanaman, jumlah anakan produktif dan umur tanaman.



Gambar 5. (A) Mutan umur genjah (60 HST) (B) Tinggi tanaman (T); tanaman induk (1= lahan kering, 2= lahan sawah, (T) = >150 cm), mutan genjah dengan postur *semi-dwarf* (3,4,5, (T) = 85-125 cm) dan *dwarf* (6, (T) = <85 cm) hasil perbaikan genetik melalui mutasi induksi pada tanaman M2.

Sebelum menetapkan metode pemuliaan dan seleksi yang akan digunakan serta kapan seleksi akan dilakukan, perlu diketahui berapa besar keragaman genetik. Keragaman genetik yang luas dari suatu karakter akan memberikan peluang yang baik dalam proses seleksi. Hal ini dikarenakan pemulia dapat memilih tampilan karakter seperti apa yang diinginkan. Keragaman genetik merupakan faktor yang sangat mempengaruhi keberhasilan suatu proses seleksi dalam program pemuliaan tanaman.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat diambil beberapa kesimpulan: Dosis efektif iradiasi sinar gamma untuk mutasi induksi padi gogo Sigambiri merah adalah 200 Gy, dimana dihasilkan kerusakan fisik yang sedikit seperti persentase perkecambahan, tinggi bibit, panjang perakaran serta persentase kehampaan malai bila dibanding dengan dosis iradiasi yang lebih tinggi. Dari tanaman M2 terseleksi sebanyak 18 galur kandidat mutant dari 69 galur yang diperoleh dimana menunjukkan hasil dari sisi umur genjah dan postur semi-pendek, dan jumlah anakan produktif (jumlah malai). Penelitian ini akan dilanjutkan pada tahapan penanaman tanaman M3 dan M4.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kemenristek Dikti yang telah memberikan Beasiswa BPPDN dalam studi lanjut Program Doktor saya di UNAND. Terima kasih kepada Staf di Pusat Aplikasi Isotop Radiasi (PAIR) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) yang telah membantu dalam meradiasi benih kultivar padi gogo Sigambiri merah, dan terimakasih juga kepada Bapak/Ibu di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Utara yang telah membantu dalam penggunaan rumah kaca dan lahan dalam penelitian ini dan para pihak yang telah membantu (petani dan mahasiswa). Terimakasih juga kepada pihak pimpinan dan staf di Universitas Islam Sumatera Utara (UISU) Medan dan UNAND Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pertanian, "Statistik Pertanian 2015," Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian. Jakarta, 2015.
- [2] Z. Zaini, Benedicto, R., dan Diah, W, "Menanam Padi Menumbuhkan Kemitraan. 40 Tahun Kerjasama Indonesia-IRRI," *Pusat Penelitian Pengembangan Tanaman Pangan. Balitbangtan*. Kementerian Pertanian, 2014.
- [3] Atomos, "Padi Varietas Unggul. Hasil Kombinasi Teknik Mutasi Radiasi dan Persilangan," Atomos. Media Informasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir. Pusat Diseminasi Iptek Nuklir. Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2014.
- [4] A. Daradjat, Silitonga, S., dan Nafisah, "Ketersediaan Plasma Nutfah Untuk Perbaikan Varietas Padi," Balai Besar Padi Sukamandi, 2008.
- [5] GRiSP, "Rice Almanac," 4th ed. IRRI, Los Banos, Phillipines, 2013.
- [6] Kementerian Pertanian, "Statistik Pertanian 2013. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian," Kementrian Pertanian, Jakarta, 2013.
- [7] D. Hayward, N. O. Boseman and Ramagesa, "Plant Breeding Prospect," *Chapman and Hall*. 55 pp, 1993.
- [8] T. Sitaresmi, R.H. Wening, A.T. Rakhmi, N. Yunani, dan U. Susanto, "Pemanfaatan Plasmanutfah Padi Lokal dalam Perakitan Varietas Unggul," *Jurnal Iptek Tanaman Pangan* Vol. 8 No. 1. 2013.
- [9] A. Hairmansis, dkk., "Pemanfaatan Plasma Nutfah Padi (*Oryza sativa*) untuk Perbaikan Sifat Padi Gogo," *Prosiding Seminar Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. Volume 1, Nomor 1, Maret 2015 Hal:14-18, 2015.
- [10] E. Amano, "Used of Induced Mutants in Rice Breeding in Japan," *Plant Mutation Report*, I (21), 2006.
- [11] M. Ismachin, "Perkembangan Pemuliaan Mutasi di Indonesia," *Diklat Pemuliaan Mutasi, FPAI BATAN*, Jakarta, 2007.
- [12] J. Finney, Probit Analysis and Multivarian. <http://www.gseis.ucla.edu/courses/ed231al/notes3/probit.html> [April 2018], 2000.
- [13] Singh, RK., Chaudhary, BD, "Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis" New Delhi, *Kalyani Publishers*, 1977.
- [14] Poehlman. J. M. and D. A. Sleper, "Breeding Field Crop," Iowa State University. *Press Ames*. Iowa, 1995.
- [15] Van Harten, A.M., "Mutation Breeding; Theory and Practical Application," *Cambridge University Press*, 1998.
- [16] S. Kumar Datta, "Mutation Studies on Garden Chrysanthemum: A Review," *Sci. Hort.* 7:159-199, 2001.
- [17] G. Ahnstrom, "Radiobiology," *In Manual on Mutation Breeding*, 2nd Ed., IAEA, Vienna, 21-27, 1977.
- [18] C. Herison, Rustikawati, Sujono H. S., Syarifah I. A., "Induksi Mutasi Melalui Sinar Gamma Terhadap Benih untuk Meningkatkan Keragaman Populasi Dasar Jagung (*Zea mays* L.)," *Akta Agrosia*, 11 (1), 57-62, 2008.
- [19] Y. Shu, Forster B.P., Nakahawa H, "Plant Mutation Breeding and Biotechnology," *CAB International dan FAO*. Wallingford. United Kingdom. 608 hal, 2012.
- [20] F. Konzak, R.A. Nilan., J. Wagner., and R.J. Foster, "Efficient Chemical Mutagenesis," *Report of FAO/IAEA Technical Meeting. Rome*, May 25 June 1st 1964. 49-70, 1965.
- [21] V. Conger, Konzak, C.F. and R.A. Nilan, "Radiation Sensitivity and Modifying Factors," *In Manual on AMutation Breeding*, 2nd Ed. EA, Vienna, 40-42, 1977.
- [22] H. Gaul,"Mutagen Effects In The First Generation after Seed Treatment," *In Manual on Mutation Breeding*, 2nd. Ed. IAEA, Vienna, 1977.

-
- [23] N. Rutger, "Thirty Years of Induction, Evaluation and Integration of Useful Mutants in Rice Genetics And Breeding," *Plant Mutation Report*, 1(2): 4-13, 2006.
- [24] A. Haris, Abdullah, Bakhtiar, Sibaedah, Aminah, and K. Jusoff. Gamma Ray Radiation Mutant Rice on Local Dwarf, *Middle- East Journal of Scientific Research*, 15 (8), 2013.
- [25] S. El-Degwi, "Mutation Induced Genetic Variability in Rice (*Oryza sativa* L.)," *Intl. Journal of Agriculture and Crop Science*. Vol. 5 (23): 2789-2794, 2013.
- [26] [26] D. Zhu, Chen, H.Q., and J.X. Shan "Nuclear techniques for rice improvement and mutant induction in China National Rice Research Intitute," *Plant Mutation Report* 1, 2006.
- [27] H. Kawaguchi, Morishita, T., Degi, K., Tanaka, A., Shikazono, N., and Hase, Y., "Effect of carbon-ion Beams Irradiation on Mutation Induction in Rice," *Plant Mutation Reports*, 1 (1), 2006.
- [28] Sobrizal, "Seleksi Mutan Genjah pada Populasi M2 Tanaman Padi Varietas Kuriak Kusuik dan Randah Tinggi Putih," *J. Agrotropika*, 1, 2007.
- [29] A. Gustafsson, "Studies on the Genetic Basis of Chlorophyll Formation and the Mechanism of Induced Mutating," *Hereditas*, 24: 33-93, 1938.
- [30] A. Cheema, and B.M. Atta. Radiosensitivity studies in Basmati Rice. *Pak. J. Bot.*, 35(2): 197-207, 2003.
- [31] P. Ramezani and A.D. More. Induced chlorophyll mutation in grasspea (*Lathyrus sativus* Linn.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci* 3(2): 619-625, 2014.
- [32] K. Sabu, M.Z. Abdullah, L.S. Lim, R. Wickneswari. Analysis of Heritability and Genetic Variability of Agronomically Important Traits in *Oryza Sativa* L. x *O. rufipogon* Cross. *Agronomy Res.* 7:97-102, 2009.
- [33] M. Syukur, M., S. Sujiprihati., R. Yunianti, dan D.A. Kusumah, "Estimation of Genetic Variance and Heritability for yield component characters in Chili Pepper Genotypes," *J. Agrivigor*, 10 (2), 148-156, 2011.
- [34] A. Susanto, dan M.M. Adie. Pendugaan Heritabilitas Hasil dan Komponen Hasil Galur-Galur Kedelai di Tiga Lingkungan. Prosiding Simposium PERIPI 5-7 Agustus 2004., Hal: 119-125, 2010.
- [35] L. Brewbaker, *Genetika Pertanian*. Terjemahan dari: *Agricultural Genetics* Penerjemah: I. Santoso. Gede Jaya. Jakarta. 142 hal. 1983.
- [36] [36] S. Poespodarsono, *Dasar-Dasar Ilmu Pemuliaan Tanaman*. Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 169 hal. 1988.
- [37] M. Nasir, *Pengantar Pemuliaan Tanaman*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta. 325 hal. 2001.
- [38] C. Konda, M.P. Salimath, and N.M. Mishra. Genetic variability studies for productivity and its components in blackgram [*Vigna mungo* (L.) Hepper]. *Legume Res.* 32(1) 59-61, 2009.
- [39] S. Jayasudha, and D. Sharma, Genetic Parameters of Variability, Correlation and Path-Coefficient for Grain Yield and Physiological Traits in Rice (*Oryza sativa* L.) Under Shallow Lowland Situation. *Electronic Journal of Plant Breeding* 1(5): 1332-1338, 2010.
- [40] K. Mikaelson, "Modifying Effects of Water Content, Oxygen and Cystein on Genetics Effects of Gamma and Fats Neutron Radiation in Barley Seeds," *In Gamma Field Symposia*, 7, 1-16, 1980.
- [41] B. Warman, I. Suliansyah, E. Swasti, Syarif, A., and Alfi, H. Selection and Semi-Dwarf Allele Mutants Segregation Pattern as the Result of Gamma Ray Irradiation of West Sumatera Black Rice. *Int. J. On Advanced*

-
- Science Engineering Information Technology*
5(5): 362-365, 2015.
- [42] Sobrizal. Pemuliaan Mutasi dalam Peningkatan Manfaat Galur-Galur Terseleksi Asal Persilangan Antar Sub-Spesies Padi. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi* Vol. 4, No. 1, Batan. Jakarta, 2008.
- A. Pinaria, A. Baihaki, R. Setiamihardja, dan A.A. Daradjat, Variabilitas Genetik dan Heritabilitas Karakter-Karakter Biomassa 53 Genotipe Kedelai. *Zuriat* 6(2): 99-92, 1995.

